4Б

УДК 519.766.4

П.І. Бідюк, М.М. Коновалюк
Інститут прикладного системного аналізу
НТУУ «КПІ» МОН України і НАН України, м. Київ
Україна, 03056, м. Київ, пр. Перемоги, 37а

Інформаційна система для прогнозування волатильності валютних курсів

P.I. Bidyuk, M.M. Konovaliuk
Institute for Applied System Analysis
NTUU "KPI" MES of Ukraine and MAS of Ukraine, c. Kyiv
Ukraine, 03056, c. Kyiv, Peremogy ave, 37a

Information System for Forecasting Volatility of Currency Rate

П.И. Бидюк, М.М. Коновалюк
Институт прикладного системного анализа
НТУУ «КПИ» МОН Украины и НАН Украины, г. Киев
Украина, 03056, г. Киев, пр. Победы 37а

Информационная система для прогнозирования волатильности валютных курсов

У статті детально розглянуто етапи проектування системи та технології, що використані для її реалізації. Наведені всі модулі і структура системи, в тому числі і база даних. Наведені концептуальна та фізична модель бази даних. Описаний інтерфейс користувача, та надані інструкції з користування системою.
Ключові слова: волатильність, прогнозування, Java, інформаційна система.

Design stages of information system and the technologies, which are used for its realization, are considered in details. All modules and system structure including a database are represented. A conceptual model of a database, the user interface user and the instruction for the system operating use are described.
Key Words: volatility, forecasting, Java, information system.

В статье детально рассмотрены этапы проектирования системы и технологии, которые использованы для ее реализации. Приведены все модули и структура системы, в том числе и база данных. Приведена концептуальная модель базы данных. Описан интерфейс пользователя и инструкции по использованию системы.
Ключевые слова: волатильность, прогнозирование, Java, информационная система.

Вступ

Більшість комп'ютерних систем для виконання байєсівського аналізу даних потребує певних знань від користувача, а деколи і навичок програмування. Майже відсутнє програмне забезпечення (ПЗ) для байєсівського аналізу даних, використання якого можливе у мережі Інтернет. Після проведення докладного огляду інформаційних систем не виявлено жодного ресурсу, який забезпечив би можливість прогнозування значень волатильності обмінних курсів валют у реальному часі.

У статті розглядається процес розробки інформаційної системи, яка повинна задовольняти таким вимогам:

– реалізація алгоритмів для прогнозування волатильності, представлених у роботах [1], [2];

– забезпечення можливості доступу користувачів до системи через мережу Інтернет;

– створення можливості використання іншими розробниками сервісу прогнозування волатильності завдяки використанню веб-сервісів;

– розробка «простого» та інтуїтивно зрозумілого інтерфейсу користувача, створеного за рахунок автоматизованих та прихованих від користувача опцій налаштувань;

– забезпечення можливості подальшого розширення та модифікації функцій системи.

Вирішення цієї задачі потребує коректного вибору інструментів для розробки та технологій для реалізації інформаційної системи, яка б задовольняла поставленим вимогам. Використання систем, розроблених на Java, можливе на будь-якій операційній системі. Крім того, кожен з Java-розробників може збільшити можливості мови за рахунок створення власних бібліотек та їх розміщення у мережі.

Проектування системи

Проектування інформаційної системи починається з виділення сутностей предметної області та їх взаємозв’язків. Після цього визначається прийнятний інструментарій і технології, оскільки вони впливають на етап проектування. Великий об’єм існуючої літератури з проектування інформаційних систем, зокрема архітектури, описує застарілі рішення або процес створення системи лише теоретично. На практиці у процесі створення сучасної інформаційної системи необхідно реалізувати такі артефакти:

– архітектуру системи;

– діаграму послідовності виконання операцій (Sequence diagram);

– модель сценаріїв користувача (User story);

– модель прецедентів (сценарій використання – Use case);

– бізнес-процеси;

– модель «сутність – зв’язок» (entity – relationship diagram);

Архітектура системи

Проектування інформаційної системи бажано розпочинати з розробки модульно-структурної архітектури системи, яку планується реалізувати. Технічна архітектура буде представлена нижче після вибору інструментарію реалізації.

Описані в роботах [1], [2] моделі для прогнозування волатильності можуть бути застосовані для опису різних фінансових індексів. У запропонованій системі за об’єкт дослідження обрано валютний курс. Значення валютних курсів оновлюються кожний день і їх можна отримати у форматі XML документу. Для коректної реалізації процедури оцінювання необхідна вибірка з декількох сотень значень, тому значення курсу валют, що надходять від сторонніх ресурсів, необхідно зберігати у базі даних (БД). Функціонал побудови графіків також потребує збережених даних. Крім того, значення, що надаються у форматі документу XML, потребують розбору (парсингу). Тому необхідно розробити модуль, який отримував би значення курсу валют на сьогоднішній день, виконував розбір документу та зберігав значення у БД.

При використанні системи через наявний інтерфейс необхідно надати користувачу можливість перегляду поточної інформації про валютний курс. Одним з природних бажань користувача може бути бажання переглянути історію поведінки валютного курсу протягом різних часових періодів. Дані мають бути представлені у вигляді таблиці, в якій вказується дата і значення валютного курсу та у вигляді графіків.

Процедуру оцінювання параметрів моделей необхідно виділити в окремий модуль, який бере необхідні йому значення курсу валют з БД. Процедура оцінювання містить

досить складні та трудомісткі алгоритми, які потребують значної кількості технічних ресурсів та відносно великого проміжку часу. Протягом одного дня значення оцінених параметрів не будуть суттєво відрізнятись, оскільки дані курсу валют протягом дня не змінюються. Має сенс виконувати процедуру оцінювання параметрів один раз на день та записувати отримані результати у БД. Таке рішення є раціональним з точки зору зменшення навантаження на ресурси платформи. При прогнозуванні користувач значно швидше отримає результат при запиті до БД, ніж при проведенні процедури оцінювання. Своєчасне внесення значень валютного курсу у БД та виконання процедури оцінювання потребує створення модуля, який буде відповідати за дотримання розкладу та відповідних часових інтервалів при виконанні цих процедур. На рис. 1 представлена розроблена модульно-структурна архітектура системи.

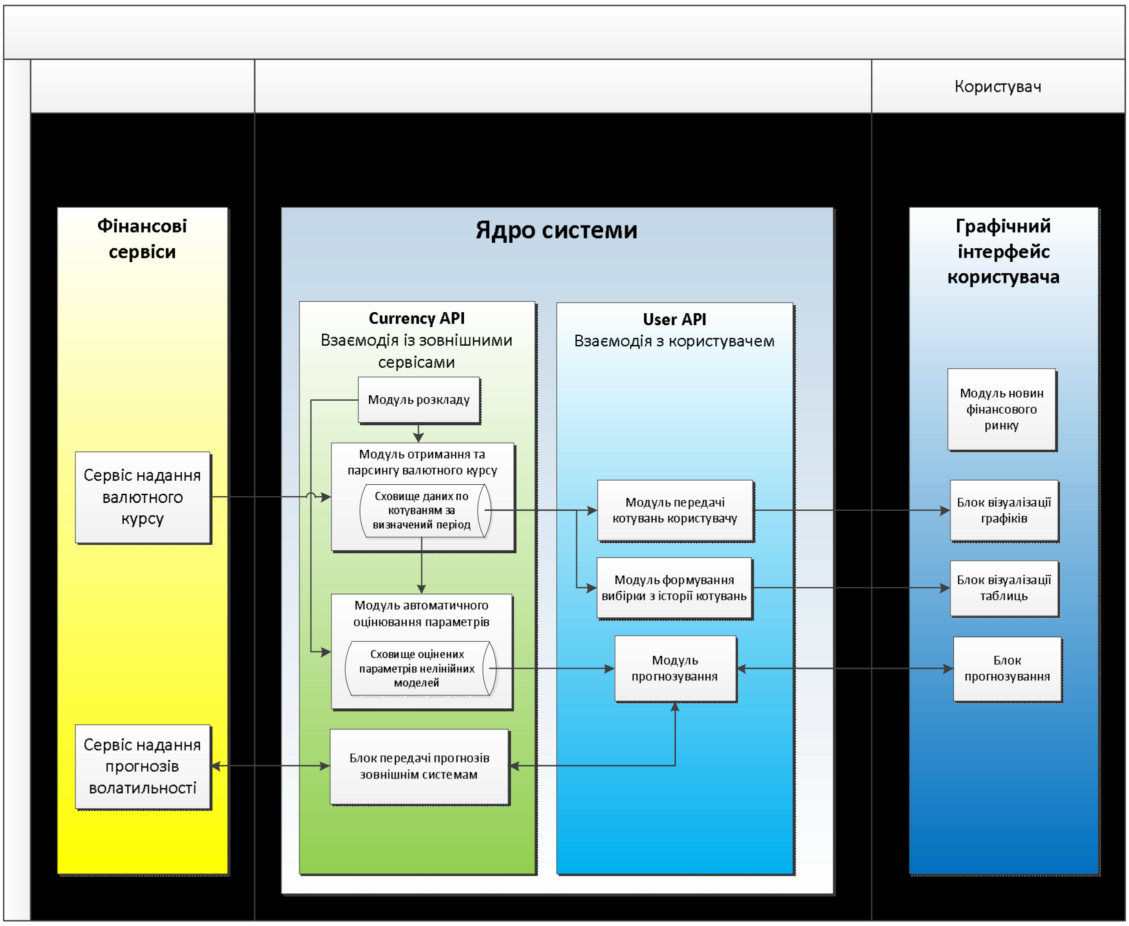


Рисунок 1 – Модульно-структурна архітектура системи

Діаграма послідовності взаємодії об’єктів системи

Виконання процедури прогнозування потребує оцінок параметрів відповідних моделей. У свою чергу, для оцінювання параметрів бажано мати останні значення курсу валют. Значення валютного курсу оновлюється за деякий час до початку нової доби. Першим кроком є отримання валютного курсу із зовнішніх веб-сервісів. Значення, що надійшли, необхідно записати до БД. Процедура оцінювання параметрів може проходити і без останніх значень валютного курсу, для цього необхідна вибірка за деякий проміжок часу. З метою кращого врахування останніх змін на фінансовому ринку бажано проводити оцінювання параметрів після надходження значень валютного

курсу. При цьому необхідно, щоб отримання значень валютного курсу та процедура оцінювання виконувались до початку нової доби. Як описано вище, в системі передбачений модуль «розкладу». Його задачею є контроль часових інтервалів часу та своєчасний запуск на виконання інших модулів.

У процесі функціонування системи до неї можуть надходити різноманітні запити, основними з яких будуть запити на перегляд історії валютного курсу або запити на виконання прогнозу. Необхідно відмітити, що запити на перегляд історії валютного курсу можуть надходити лише від користувачів інтерфейсу системи та неможливі від сторонніх веб-сервісів. Можливі й інші запити до системи, але їх функціонал не основний.

Модель сценаріїв користувача

Опишемо основний функціонал, який хотів би бачити користувач у системі.

Таблиця 1 – Сценарії користувача системи

№	Як	Я хотів би	Детальніше
US_01	користувач	переглядати валютний курс	переглядати значення курсу валют у вигляді графіків за декілька останніх днів
US_02	користувач	переглядати новини	переглядати останні новини фінансового ринку
US_03	користувач	переглядати історію валютного курсу	мати можливість переглянути історію валютного курсу за визначений період у графічному та табличному вигляді.
US_04	користувач	виконати прогноз волатильності	проводити прогнозування волатильності валютного курсу
US_05	користувач	вказати часовий проміжок прогнозу	мати можливість при прогнозуванні вказувати, на скільки днів вперед потрібно розрахувати прогнозовану динаміку зміни волатильності
US_06	користувач	вказати метод прогнозування	мати можливість обрати модель та метод оцінювання параметрів
US_07	користувач	переглянути контактну інформацію	мати доступ до інформації про авторів системи та їх координати, зокрема, переглянути на карті місце розташування установи
US_08	зовнішня система	отримати прогноз волатильності	за допомогою веб-сервісів отримати прогнозовані значення волатильності

Модель прецедентів

Основним елементами у діаграмі прецедентів є актори:

1. *Користувач інтерфейсу системи*. Система розроблена таким чином, що вона може взаємодіяти зі сторонніми системами, крім того розроблено власний інтерфейс

користувача. Скористатись цим інтерфейсом досить просто: потрібно лише зайти за адресою системи з використанням будь-якого браузера. Цільовою аудиторією системи є, насамперед, трейдери валютного ринку та інвестори, які інвестують кошти в іншу валюту. Безумовно, користувачем системи може бути будь-яка особа, що прагне провести операції з валютою і потребує прогнозу коливань валютного курсу. Цей факт зумовлює актуальність системи.

Користувач має такі можливості:

– переглядати останні новини, що надходять з ринків в режимі «он-лайн»;

– переглядати поточні значення курсів валют;

– має можливість подивитись історію зміни валютного курсу за часовий період, який його цікавить;

– виконати прогноз волатильності валютного курсу на визначений користувачем проміжок часу та інше.

1. *Зовнішня система.* Завдяки гнучкій архітектурі системи та використанню останніх досягнень в галузі інформаційних технологій надається можливість використання системи не лише через інтерфейс системи, а також за допомогою сторонніх систем, які можуть реалізувати будь-який функціонал та бути реалізовані на будь-якій мові. Для цього необхідно відправити запит до системи. Вона автоматично виконає процедуру прогнозування та відправить результати прогнозу зовнішній системі, що звернулась із запитом.

Бізнес-процеси в системі

Вхідними даними є значення валютного курсу, що надходять в систему в автоматичному режимі. На процеси в системі впливають також запити користувачів та зовнішніх систем. Загалом у системі можна виділити два основних процеси:

– оцінювання параметрів нелінійних моделей за даними валютного курсу;

– прогнозування волатильності на основі оцінених параметрів залежно від запиту.

Вихідним об’єктом є «прогноз волатильності». Потрібно пам’ятати, що для кожного запиту в систему цей вихідний об’єкт буде унікальним. У представленій на рис. 4 моделі бізнес-процесів не вказано процеси, пов’язані з переглядом історії та інше.

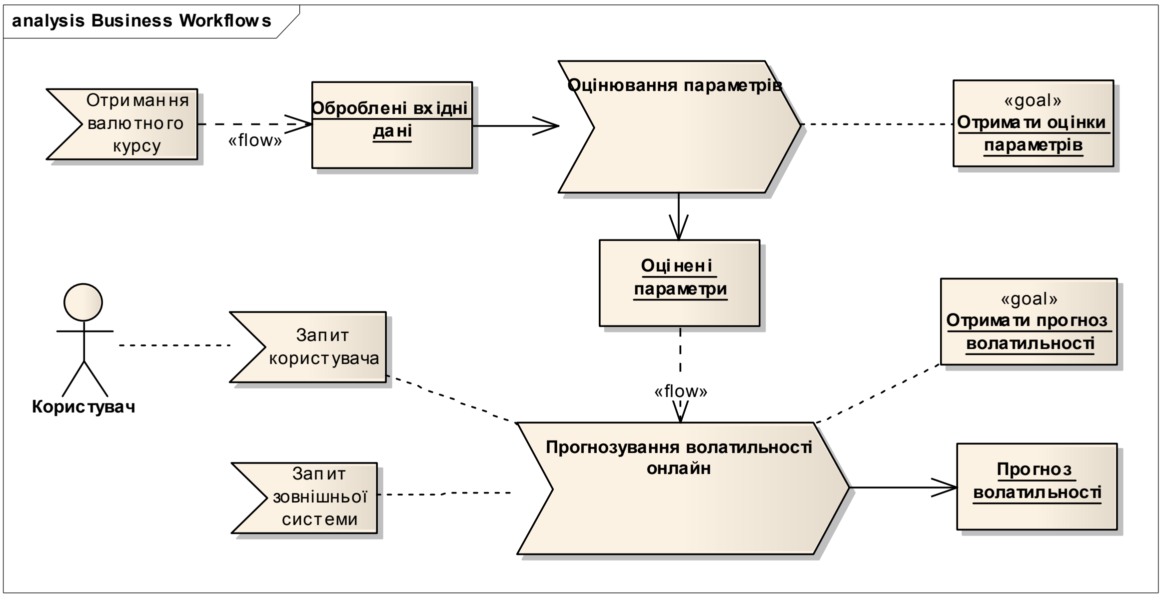


Рисунок 4 – Бізнес процеси системи

Модель «сутність – зв'язок»

З описаних вище тверджень можна зробити висновок, що в БД потрібно зберігати таку інформацію: інформацію про наявні валютні пари; дані про валютний курс; оцінені значення параметрів.

Проектування моделі потрібно починати, відштовхуючись від інформації, яка надходить до системи та потребує збереження у БД. Дані про курс валют надходять одним документом формату «xml», що містить таку інформацію:

– числовий код валюти;
– символьний код валюти;
– назва валюти;
– валютний курс.

Даний документ буде завантажуватись системою кожну добу. Інформацію про перші три наведені пункти варто винести в окрему таблицю, оскільки їх значення не будуть змінюватись. Значення валютного курсу кожного разу будуть різні, тому має сенс створити таблицю з полями «дата» та «валютний курс». Зберігати надмірну інформацію в одній таблиці не має сенсу. Логічно винести докладну інформацію про валюту в окрему таблицю. Назвемо ці таблиці відповідно «Валюта» та «Котирування». Один запис в таблиці «Котирування» не може відноситись до більш як однієї валюти у таблиці «Валюта». Кожному запису в таблиці «Валюта» може відповідати декілька записів в таблиці «Котирування». Маємо зв'язок «один до багатьох» між таблицями «Валюта» та «Котирування».

Оцінені значення параметрів, що відповідають певній валюті, потрібно зберігати в окремій таблиці «Параметри». Зв'язок між таблицями «Валюта» та «Параметри» відноситься до типу «один до багатьох». Оцінювання параметрів моделей відбувається у певні інтервали часу, інформацію про які також потрібно зберігати в таблиці «Параметри». Крім того, оцінювання параметрів проводиться за певними моделями та методами.

Інформацію про моделі та методи потрібно зберігати в окремій таблиці «Моделі». Кожній моделі може відповідати декілька оцінок параметрів. Кожне оцінювання параметрів проводиться на основі не більш як однієї моделі, тому між таблицями «Модель» та «Параметри» маємо зв'язок типу «один до багатьох». На рис. 5 представлена концептуальна модель БД.

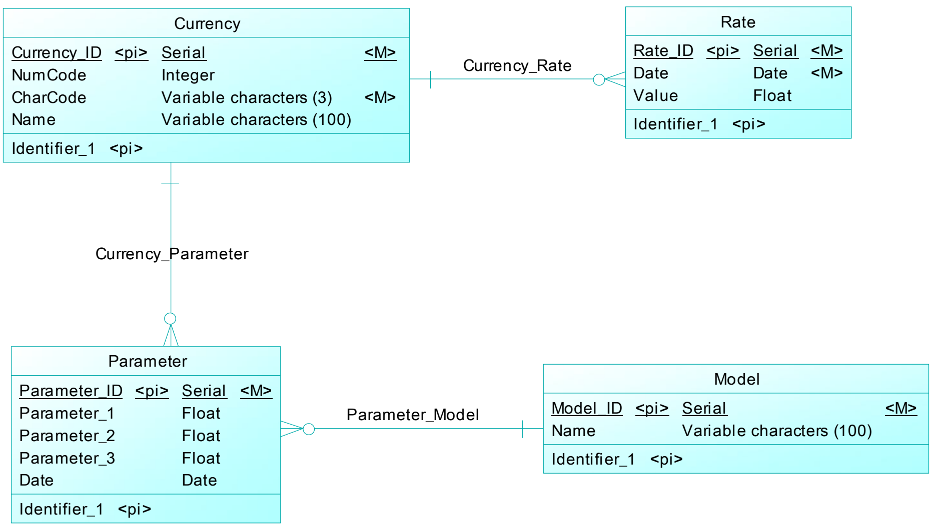


Рисунок 5 – Концептуальна модель БД

Розроблену концептуальну модель БД використано при реалізації системи. За її допомогою можна створити БД з відповідними таблицями, зв'язками та полями. Для цього на основі концептуальної моделі потрібно згенерувати фізичну модель БД.

Технології та інструментарій

На сьогодні невелика кількість мов програмування задовольняє вимогам, що висуваються до сучасних інформаційних систем. Серед них мова Java. Набір засобів розробки на мові Java надає комплект розробника JDK (Java Development Kit). Він включає в себе такі елементи: компілятор, стандартні бібліотеки класів, виконавчу систему JRE (Java Runtime Environment) та інше. Запропонована система розроблена на основі JDK версії 1.6.

Для реалізації спроектованого функціоналу необхідно застосувати серверну архітектуру. Архітектуру серверної платформи на мові Java надає Java EE (Java Enterprise Edition). J2EE – це промислова технологія, яка використовується в основному у високопродуктивних проектах, в яких необхідна надійність, масштабованість, гнучкість. Вона орієнтована на використання через Інтернет. Java EE – це множина специфікацій, які реалізують різні контейнери. Контейнери надають базові сервіси (технології) для розгорнутих на їх основі компонентів. Це надає можливість розробнику концентруватись на бізнес-логіці системи, а не на вирішенні технічних проблем. Спроектована система використовує декілька сервісів (технологій), наприклад, веб-сервіси.

Одним з найпоширеніших серверів застосувань, який використовують розробники та корпорації, є GlassFish. Системою керування БД обрано MySQL. Даний сервер БД характеризується стійкістю та простотою використання.

Спроектована система має розгорнуту архітектуру та використовує велику кількість бібліотек. Це потребує використання інструментарію для управління проектами. Найпоширенішими представниками цього інструментарію для систем, реалізованих на Java, є Maven та Ant. З точки зору розробки простішим у застосуванні є Maven. Maven використовує конструкцію, відому як Project Object Model (POM). Ключовою особливістю Maven є його мережна готовність. Двигун ядра може динамічно завантажувати плагіни з репозиторію.

Таким чином, система реалізована на основі специфікації Java EE 6 з залученням такого інструментарію:

– JDK 1.6;
– GlassFish v3.1.1;
– MySQL 5.5;
– Maven 2.

Технічна архітектура системи

Система реалізована за специфікацією Java EE 6 і розміщена на сервері застосувань GlassFish версії 3.1.1. Система складається з модулів: EAR, WEB, EJB. За зв'язок системи з БД відповідає технологія JPA (Java Persistence API) версії 2.0, провайдером якої виступає Hibernate. У модулі EJB застосована технологія JMS (Java Message Service). WEB модуль реалізовано з використанням технології JSF (Java Server Faces). Для покращення графічного інтерфейсу користувача застосована технологія PrimeFaces. На рис. 6 представлена технічна архітектура інформаційної системи та вказано основні технології, які були використані при реалізації системи.

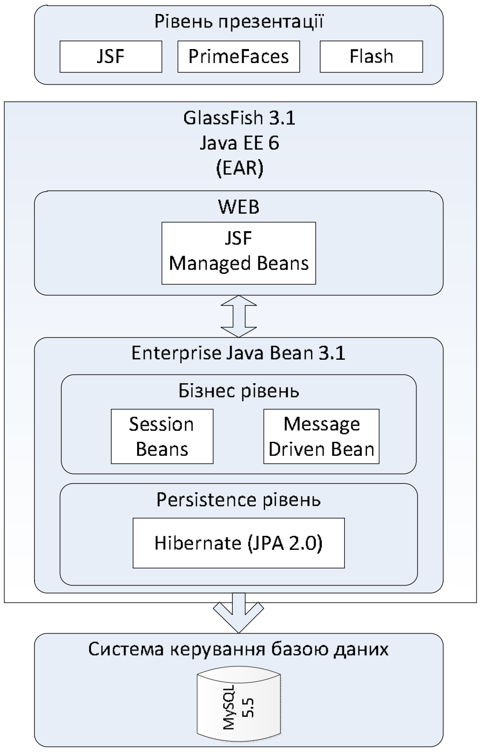


Рисунок 6 – Технічна архітектура інформаційної системи

Технічні особливості реалізованої інформаційної системи

Інформаційна система складається з модулів EJB та WEB. За бізнес-логіку системи відповідає EJB модуль. Розглянемо модуль EJB більш детально. Технологію взаємодії системи з БД обрано JPA 2.0, провайдером якої виступає Hibernate. Використання цієї технології спрощує процес розробки та сприяє лаконічному вигляду написаного коду. Дана технологія взаємодіє з БД через чотири класи сутностей, що відповідають структурі БД. Клас «Forecast» описує інформацію, необхідну для процедури прогнозування. Операції у БД з використанням класів сутностей відбуваються за рахунок розроблених сесійних компонентів. Робота сесійних компонентів ґрунтується на застосуванні інтерфейсу Entity Manager та мові запитів JPQL. На рівень вище розміщується бізнес-логіка системи: процедури оцінювання параметрів та прогнозування волатильності, з якими взаємодіють сесійні компоненти.

Функція оцінювання параметрів починається із зчитування з БД значень валютного курсу за певний період. Інший модуль розраховує значення доходності. Кожний з методів оцінювання параметрів реалізований у окремому модулі. У кожний з них передається вибірка доходностей та вказується кількість ітерацій для моделювання. Модулі оцінювання реалізовані за методами, наведеними у роботах [1-2]. Результатом роботи всіх модулів оцінювання є матриця розмірності $(3, n)$. Матриця складається з трьох векторів розмірності n, кожний з яких містить вибірку оцінок певного параметра нелінійної моделі. Окремий модуль розраховує середнє значення кожного параметра з отриманих вибірок. Крім того, цей модуль виконує аналіз отриманих результатів, зокрема має місце застосування ядра Парзена. Результати аналізу в інтерфейсі системи не представлені для полегшення візуального сприйняття системи користувачем.

Останнім етапом роботи модуля оцінювання є збереження в БД отриманих оцінок параметрів. Коректне функціонування даного модуля потребувало реалізації різноманітних класів, серед яких класи сутності та інші.

Прогнозування волатильності реалізовано в окремому модулі. Модуль починає роботу за наявності відповідного запиту користувача. Вхідними даними, отриманими від користувача, є такі: модель, метод оцінювання та «горизонт» прогнозу. Залежно від вибору користувача модуль зчитує з БД значення оцінених параметрів та передає запит на прогнозування іншим модулям. Система на основі збереженої в БД інформації автоматично розраховує початкове значення волатильності, необхідне для процедури прогнозування. Робота модуля завершується відправленням списку типу ArrayList, елементами якого є прогнозовані значення волатильності. Варто відмітити, що система розроблена переважно на основі класів «Колекцій», зокрема ArrayList. Застосування замість масивів класів «Колекцій» зменшує використання необхідних для роботи системи ресурсів. Кількість класів в розробленій системі перевищує п’ятдесят.

За взаємодію з користувачем відповідає WEB модуль, реалізований на основі технології JSF. Створені компоненти керування (ManagedBean) відповідають за функціональні можливості, надані в інтерфейсі системи, початкову обробку запитів користувача та взаємодію з елементами EJB модуля. Інформаційна система розроблена таким чином, щоб створити для користувача максимально простий інтерфейс («однієї кнопки»). Верхнім рівнем системи є веб-сторінки. Зміст веб-сторінок динамічний, що досягається поєднанням декількох технологій, зокрема facelets, primefaces та інші.

Робота користувача в інформаційній системі

Інформаційна система функціонує автономно в реальному часі. Для того щоб розпочати роботу, потрібно зайти через браузер за адресою системи, після чого буде завантажена основна веб-сторінка (рис. 8). Основна веб-сторінка складається з блоку прогнозування, графіка валютного курсу та блоку новин. Графік відображає валютний курс за кілька останніх днів. У блоці новин можна дізнатися про останні новини з фінансового ринку. Новини завантажуються автоматично та оновлюються при кожному зверненні до веб-сторінки. Докладнішу інформацію стосовно новин можна дізнатись, перейшовши за посиланням, розміщеним в нижній частині блоку новин, або натиснувши на назву блоку.

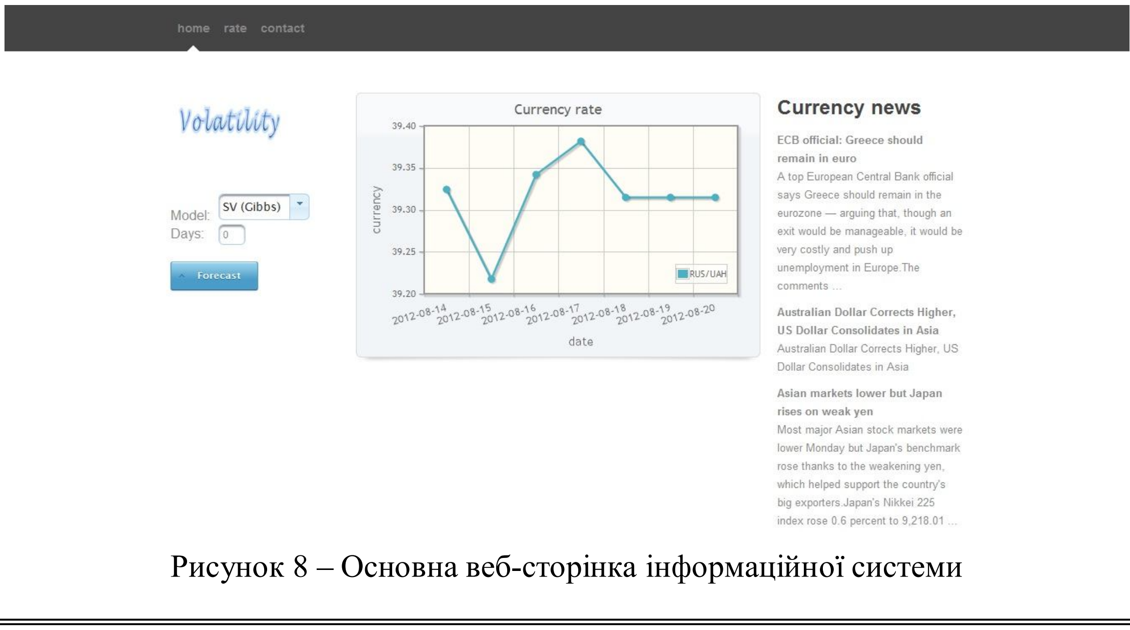


Рисунок 8 – Основна веб-сторінка інформаційної системи

Для виконання прогнозування необхідно заповнити відповідне поле у блоці прогнозування та натиснути кнопку «Forecast». У блоці прогнозування є можливість обрати модель та метод оцінювання параметрів. Для отримання оцінок прогнозів необхідно вказати, на скільки днів вперед потрібно отримати прогноз. Результати прогнозування представлені на окремій веб-сторінці (рис. 9).

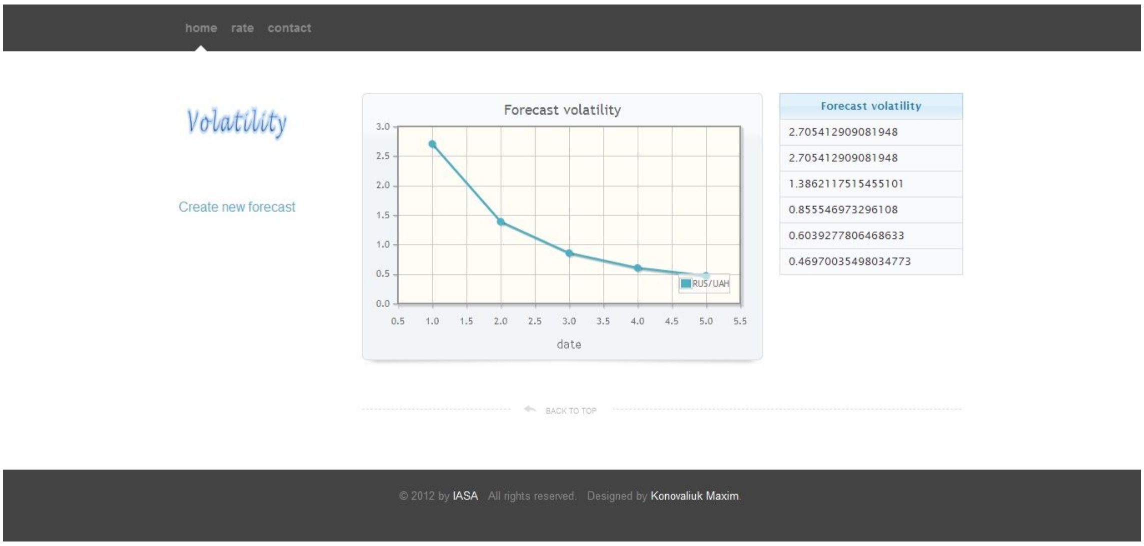


Рисунок 9 – Веб-сторінка прогнозування

Результати прогнозування представлені у вигляді таблиці та графіка. Розмір таблиці залежить від горизонту прогнозування, вказаного користувачем. За посиланням, розміщеним у правій частині, можна повернутись до основної веб-сторінки та, змінивши налаштування, виконати повторне прогнозування.

Для докладнішого перегляду поведінки валютного курсу створена веб-сторінка «rate». На веб-сторінці представлені таблиця і графік, що ілюструють поведінку курсу валют. У лівій частині веб-сторінки розміщено поле, значення якого вказує часовий проміжок, відповідно до якого формуються дані, наведені в таблиці та на графіку. За замовчуванням значення дорівнює сім. Вказавши новий часовий проміжок та натиснувши на кнопку «reload», значення таблиці та графіка будуть змінені.

На веб-сторінці «contact» розміщена інформація про науковий комплекс, де виконувалось дослідження, та контактна інформація. Також реалізовано сервіс карти «Google».

Висновки

Розроблена інформаційна система легка у користуванні, оскільки архітектура системи побудована таким чином, що розроблені алгоритми оцінювання параметрів виконуються автоматично. Створена на основі сучасних технологій система дає можливість використовувати її через різноманітні інтерфейси, зокрема через браузер. Ключовою перевагою розробленої системи є вільний доступ до функціоналу прогнозування сторонніх систем через мережу Інтернет.

Створена система надає можливість користувачам виконувати обробку фінансових даних у реальному часі з використанням фактичних значень стосовно розвитку досліджуваного фінансового процесу. Система виконує функції оцінювання параметрів математичної моделі вибраної структури й обчислення оцінок прогнозів самого процесу та його волатильності на заданий часовий горизонт. Результати обчислень надаються користувачу у зручній табличній або графічно-числовій формах.

Завдяки відкритій архітектурі створена система може доповнюватись новими функціями, спрямованими на подальше розширення та поглиблення функціоналу системи.

Література

1. Бідюк П.І. Оцінювання параметрів моделі стохастичної волатильності з використанням алгоритму Гіббса / П.І. Бідюк, М.М. Коновалюк // Регіональний міжвузівський збірник наукових праць «Системні технології». – Дніпропетровськ, 2011. – Вип. 6 (77). – С. 12-27.
2. Бідюк П.І. Оцінювання моделей стохастичної волатильності та УАРУГ на Java / П.І. Бідюк, М.М. Коновалюк // Наукові праці. Комп'ютерні технології. – Миколаїв : ЧДУ ім. Петра Могили, 2012. – Вип. 179. – Т. 191. – С. 14-20.

Literatura

1. Bidjuk P.I. Regional'nyj mizhvuzivs'kyj zbirnyk naukovyh prac' "Sys-temni tehnologii". Dnipropetrovs'k. 2011. Vyp. 6 (77). S. 12-27.
2. Bidjuk P.I. Naukovi praci. Komp'juterni tehnologii. Mykolaiv : ChDU im. Petra Mogyly. 2012. Vyp. 179. T. 191. S. 14-20.

RESUME

P.I. Bidyuk, M.M. Konovaliuk

Information System for Forecasting Volatility of Currency Rate

In the article, design stages of information system and the technologies, which are used for its implementation, are considered in details. The information system proposed corresponds to the following requirements: implementation of the parameter estimation algorithms presented in the references [1, 2]; providing the Internet access for users to the system; providing a possibility for other developers the volatility forecasting service thanks to the usage of web-services; development of a simple and intuitively comprehensible user interface; providing a possibility for the further enhancement and modification of system functions.

The problem solving required correct selection of development instrumentation and up-to-date information technologies hiring that would satisfy the set of requirements mentioned. All modules and system structure including a database are represented. A conceptual model of a database, the user interface and the instructions for operating the system are described. The system developed can be used to process financial data in real time using actual data characterizing the process selected for investigation. It can perform the following functions: model structure selection and its parameters estimation; computing the process forecasts and forecasts of its volatility with various models and for various numbers of steps ahead.

The estimates quality is analyzed with a set of statistics that characterize completely the results obtained. The estimation results are provided for a user in a convenient numerical table or graphical form. The positive feature of the Java based systems is that they are independent on operating system type. Moreover, any of the Java users can enhance the programming environment possibilities at the expense of development of new libraries and deploying them on the Internet. The future modifications and extensions of the system will be focused on incorporating new model structures and new parameter estimation algorithms. To further improve the forecasts quality, the authors plan to introduce Kalman filters both for basic financial variable forecasting and its variance.

Стаття надійшла до редакції 29.08.2012.